



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

Avel för hållbar produktion

Hanna Johansson



Institutionen för husdjursgenetik
Examensarbete 320
Uppsala 2010

Examensarbete, 15 hp
– Kandidatarbete (Litteraturstudie)
Agronomprogrammet – Husdjur



Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institutionen för husdjursgenetik

Avel för hållbar produktion

Breeding for sustainable production

Hanna Johansson

Handledare:

Lotta Rydhmer, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Examinator:

Kjell Johansson, SLU, Institutionen för husdjursgenetik

Omfattning: 15 hp

Kurstitel: Kandidatarbete i husdjursvetenskap

Kurskod: EX0553

Program: Agronomprogrammet - Husdjur

Nivå: Grund C (G2E)

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2010

Omslagsbild: Mats Gerentz, SLU's bildarkiv Imago, Utvecklingscentrum för lärande

Serienamn, delnr: Examensarbete 320

Institutionen för husdjursgenetik, SLU

On-line publicering: <http://epsilon.slu.se>

Sammanfattning

Avel för hållbar produktion innebär att hänsyn måste tas till flera olika aspekter av hållbarhet både i planeringen av avelsarbetet och i viktningen av egenskaperna i avelsmålet. Exempel på olika aspekter är ekonomisk hållbarhet, miljömässig hållbarhet, social hållbarhet, global hållbarhet, långsiktig hållbarhet samt djurvälstånd och hälsa. Egenskaper knutna till vissa av dessa aspekter kan mätas i ekonomiska marknadsvärden medan andra måste mätas i skattade icke-marknadsekonomiska värden. De olika aspekterna av hållbar produktion krockar stundtals med varandra, men kan även gynna varandra. För att nå en avel för hållbar produktion krävs att hänsyn tas till alla aspekter och ingen aspekt ges för hög vikt i förhållande till de andra. Ett avelsarbete för hållbar produktion bygger därmed på eftertanke.

Abstract

Breeding for sustainable production means that several aspects of sustainability need to be taken into account when planning the breeding program and when weighting the traits in the breeding goal. Examples of different aspects of sustainability are economic sustainability, environmental sustainability, social sustainability, global sustainability and long-term sustainability. Depending on to which sustainability aspect a trait is considered to belong to economic market values and/or non-market economic values can be estimated. The different aspects of sustainability sometimes collide with each other but they can also benefit from each other. To build a breeding program for sustainable production all aspects need to be considered and no aspect should be weighted so high that others are disregarded. Breeding programs for sustainable production thus depend on afterthought.

Introduktion

Hållbar utveckling är en term som hörs allt oftare i många olika sammanhang. En vanligt förekommande definition myntades i FN:s så kallade Brundtland-rapport. Den lød: *"En hållbar utveckling är en utveckling som tillfredställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredställa sina behov"* (FN, 1987). FN:s mål för hållbar utveckling innefattar idag sociala, ekonomiska och miljömässiga perspektiv (DSD, 2010). När detta appliceras på animalieproduktionen nämns bland annat aspekter som arbetsmiljö, vinst för bonden samt djurvälstånd (Gamborg & Sandøe, 2005). Olesen et al. (2000), som diskuterar avelsmål för en hållbar produktion, skriver att termen hållbarhet idag innefattar miljö, genetisk mångfald, etik och sociala aspekter samt kortsiktigt och långsiktigt ekonomiskt värde. Trots att det inte kan lösa alla hållbarhetsrelaterade problem är ett fungerande avelsarbete en förutsättning att nå en hållbar animalieproduktion. I denna litteraturstudie kommer avel för en hållbar produktion att beskrivas utifrån en bred definition av hållbarhet. Hållbar produktion presenteras i denna litteraturstudie utifrån ekonomiska, miljömässiga, sociala, globala och långsiktiga aspekter samt djurhälsoaspekter då dessa aspekter återfinns i mycket av den litteratur som finns att tillgå. Dessa aspekter kommer att tas upp ur ett avelsperspektiv och presenteras med hjälp av exempel.

En av hållbarhetsaspekterna i denna litteraturstudie är den ekonomiska. Avel för en ekonomiskt hållbar produktion innefattar dels produktionsegenskaper, såsom tillväxt hos köttdjur och mjölkprodukt hos mjölkdjur. Det innefattar också funktionella egenskaper, som djurhälsa, då en positiv utveckling av dessa egenskaper innebär att produktionskostnaden sjunker (Groen et al. 1997). Avel för produktionsegenskaper och god hälsa är av vikt även när det gäller social hållbarhet, då produktionsegenskaper och djurhälsa påverkar konsumentens syn på produktkvalitet (Olesen et al., 2000). Även när det gäller miljömässig hållbarhet är produktionsegenskaper och funktionella egenskaper värda att ta hänsyn till då en högre produktion per djur innebär lägre miljöpåverkan per producerad enhet mjölk eller kött. Ett

exempel på detta är att då uppfödningstiden för slaktsvin förlängs på grund av sjukdom så ökar kväveutsläppen från grisproduktionen (Wallgren, 2000).

En hållbarhetsaspekt som riskerar att hamna i skymundan om avelsarbetet fokuseras på produktionsegenskaper är djurmaterialets diversitet. Bevarande av genetisk mångfald ingår i ett långsiktigt hållbart avelsarbete för produktionsdjur (Christensen, 1998). Lokalt anpassade avelsprogram behövs för att animalieproduktionen ska vara hållbar ur ett globalt perspektiv (Olesen et al., 2000). Avel för hållbar produktion innefattar även avel för hållbara djur. De funktionella egenskaperna är grunden för avel för hållbara djur eftersom de innefattar egenskaper som hälsa och fertilitet (Groen et al. 1997). Djurens hälsa och fertilitet, t ex förmågan att bli dräktig utan hormonbehandling, är också viktig för samhällets acceptans av animaliska livsmedel. Under våren 2010 ifrågasattes till exempel åretrunt-lamning hos får i svenska medier (Stensson & Ennart, 2010) . Även sådana sociala aspekter bör beaktas i ett avelsarbete som syftar till en hållbar produktion.

Hållbarhet inom jordbruket

Hållbar produktion

En definition av det hållbara produktionssystem som djuren ska fungera i är nödvändig för att sedan kunna definiera avelsmål för en hållbar produktion (Olesen et al., 2000). Begreppet hållbar produktion är inget nytt inom jordbruket även om det först på senare tid har blivit en viktig del i den övergripande planeringen. Redan för 350 år sedan tas ämnet upp inom tysk skogsindustri. Det handlade då om att bibehålla förnybara möjligheter till avverkning och på så sätt få en jämn avkastning i förhållande till konsumtion (Gamborg & Sandøe, 2005). 1972 tas hållbarhet upp under FN:s ”Conference on Human Environment” i Stockholm. Istället för att stanna vid bibehållande av resurser för konsumtion vidareutvecklas termen till att innefatta även skyddet av arter och ekosystem (FN, 1972). FN:s Brundtland-rapport från 1987 utvecklar ämnet ytterligare och lägger till ett tidsperspektiv, där hållbarhet inte bara handlar om hållbarhet för dagen utan om bevarande för framtida generationer (FN, 1987). Rio-deklarationen från 1992 lägger sedan till ytterligare en aspekt till termen hållbarhet genom att ta upp en jämn fördelning mellan I-länder och utvecklingsländer (FN, 1992).

Det finns flera olika definitioner av hållbar produktion. Glavič och Lukman (2007) definierar i sin sammanställning av hållbarhetstermer hållbar produktion som: *”Skapandet av varor genom användandet av processer och system vilka är fria från utsläpp, sparar på energi och naturresurser på ett ekonomiskt, säkert och hälsosamt sätt för anställda, omgivningen och konsumenter och som är givande, både socialt och kreativt, för alla inblandade både på kort och lång sikt.”* Denna definition visar att hållbar produktion innebär att hela produktionskedjan behöver vara inräknad och att det finns många olika aspekter att ta hänsyn till.

Ett hållbart animalieproduktionssystem kan enligt Vavra (1996) beskrivas som ett system där samma mängd kött, mjölk eller fiber kan fås från en yta år efter år i oändlighet. Denna definition har dock en svaghet då den inte tar upp påverkan på ekosystemet (Vavra, 1996). Francis och Callaway (1993) presenterar i sin tur fem faktorer som påverkar hållbarheten i produktionen. Den första faktorn bygger på effektivt utnyttjande av resurser. Förnybara resurser bör användas i så hög utsträckning som möjligt och bör helst även vara lokala för att uppnå högre hållbarhet i produktionen. Den andra faktorn handlar om ekonomisk lönsamhet både på kort och lång sikt och den tredje om bibehållen och ökad produktivitet. Den fjärde

faktorn tar upp miljöpåverkan, vilken bör hållas så låg som möjligt. Den sista delen handlar om påverkan på samhället. Ett hållbart produktionssystem bör gynna landsbygdsekonomin och infrastrukturen samt vara väl integrerat med resten av samhället (Francis & Callaway, 1993).

Internationellt arbete för avel för hållbar produktion

Olesen et al. (2000) anser att avelsarbetet behöver hanteras utifrån dess inverkan på genetisk mångfald, miljö och samhället. Detta krävs för att kunna genomföra avgörande förändringar i avelsarbetet mot en mer hållbar produktion. SEFABAR (Sustainable European Farm Animal Breeding and Reproduction) var ett EU-projekt kring hållbar avel. Inom SEFABAR skapades ett nätverk mellan industri, husdjursgenetiker, forskare inom socio-ekonomi och ideella organisationer (Liinamo & Neeteson-van-Nieuwenhoven, 2002). För att arbeta fram en gemensam definition av avel för hållbar produktion använde man sig i SEFABAR av något man valde att kalla "djurarts-grupper". I dessa grupper fanns husdjursgenetiker och uppfödare vilka även hade tillgång till en etikett för konsultation. Arbetet inleddes med att man försökte bryta ner definitionen av avel för hållbar produktion i kriterier och indikatorer. Allt eftersom arbetet fortgick började man också arbeta enligt en checklista framtagen utifrån dessa beståndsdelar. Efter 3 års arbete togs en gemensam definition av avel för hållbar produktion fram av grupperna, den lyder: *"Sustainability in animal breeding and reproduction means the extent to which animal breeding and reproduction, as managed by professional organizations, contribute to the maintenance and good care of animal genetic resources for future generations"* (Gamborg & Sandøe, 2005). Arbetet med SEFABAR efterföljdes av "Code of Good Practice for Farm Animal Breeding and Reproduction Organisations" (Code-EFABAR) framtagen av The European Forum for Farm Animal Breeders (EFFAB). Enligt denna kod bygger hållbar avel på att inkludera livsmedelssäkerhet och hälsa, produktkvalitet, genetisk mångfald, effektivitet, miljö samt djurhälsa och välfärd i avelsarbetet utan att lönsamheten i produktionen blir lidande (Code-EFABAR, 2006).

Marknadsekonomiska aspekter

Ekonomiska och icke-ekonomiska värden

Viktningen i dagens avelsmål bygger till stor del på ekonomiska marknadsvärden (MV, market value). Olesen et al. (2000) anser att etiska, biologiska, ekologiska och sociala värden därmed riskerar att förbises. För att kunna bestämma hur viktig en etisk aspekt som exempelvis djurhälsa är behöver man ta in ett annat värde i beräkningen, icke- marknadsekonomiska värden (NV, non-market values). Viktningen i avelsmålet bestäms då både av egenskapens ekonomiska värde och dess icke-ekonomiska värde. För två egenskaper, Y1 och Y2, kan avelsmålet bestämmas enligt:

$$H = [NV_1 \times Y_1 + MV_1 \times Y_1] + [NV_2 \times Y_2 + MV_2 \times Y_2]$$

där H är avelsvärdet. Med detta avelsmål får man ett genetiskt framsteg som grundar sig på både marknadsvärdet och "icke-marknadsvärdet" (Olesen et al., 2000).

Nielsen et al. (2006) använde både MV och NV för att ta fram avelsmål för en hållbar mjölkproduktion. Som exempel på egenskaper som krävs för en hållbar mjölkproduktion använde Nielsen et al. (2006) de funktionella egenskaperna mastitresistens, dödfödslar samt dräktighetsprocent. Egenskaper knutna till reproduktion är ofta negativt korrelerade med mjölkavkastning (Rauw et al., 1998). NV för de utvalda funktionella egenskaperna

beräknades utifrån hur mycket bönder och avelsföretag var beredda att förlora i selektionsrespons för mjölkproduktion för att förbättra egenskaperna i fråga. NV för egenskaperna ökade därmed i takt med att selektionsresponsen för mjölkavkastning sjönk. Beroende på olika MV och genetiska parametrar blev det dock skillnad i selektionsresponsen för de olika funktionella egenskaperna. Om en av de funktionella egenskaperna hamnar på alldeles för låg nivå kan dessa skillnader behöva jämnas ut. Detta görs genom att specificera vilken respons man vill ha för de olika egenskaperna då NV ska bestämmas. Studien visade att användningen av både MV och NV är extra viktigt för att lyfta upp funktionella egenskaper som ligger på en oacceptabelt låg nivå (Nielsen et al., 2006).

För att undersöka olika etiska prioriteringars effekt på avelsframsteget använde Olesen et al. (2000) varierande MV och NV och beräknade skattad selektionsrespons i en simulerad laxpopulation. Selektionsrespons beräknades för egenskaperna ålder vid slakt, överlevnad samt foderkonsumtion. Egenskaperna antogs vara gynnsamt korrelerade till varandra. Utifrån olika etiska synsätt viktades MV och NV för de olika egenskaperna och selektionsresponsen för varje egenskap beräknades. Alternativ 1 utgick från kortsiktig ekonomisk vinst vilket gav relativt höga MV för foderkonsumtion och ålder vid slakt, medan MV för överlevnad sattes till noll. För alla tre egenskaper sattes i detta alternativ NV till noll. I alternativ 2 sattes vikterna också efter ekonomisk vinst och NV sattes därför till noll. Dock viktades egenskaperna enligt mer långsiktig ekonomisk vinst denna gång. Överlevnad fick en vikt och foderkonsumtion och ålder vid slakt fick en något lägre vikt än i alternativ 1. När det gällde alternativ 3 lades vikt även på NV för alla tre egenskaper. För överlevnad och foderkonsumtion lades vikterna över vad som är ekonomiskt hållbart på kort sikt på grund av dessa egenskapers etiska värde när det gäller djurvälstånd. För varje alternativ beräknades en total selektionsrespons (ΔH). Det alternativ med lägst ΔH var alternativ 2 och det alternativ med högst ΔH var alternativ 3. Om man antog att vikterna i alternativ 3 var de sanna och beräknade ΔH för varje alternativ utifrån dessa vikter blev selektionsresponsen för alternativ 1 betydligt lägre än selektionsresponsen för övriga två alternativ. Detta visar på att om egenskaper ges en högre ekonomisk vikt än vad de egentligen har, till exempel på grund av att man bortsett från negativa NV, kan det totala genetiska framsteget bli betydligt lägre än vad som beräknats (Olesen et al., 2006).

Marknadens inverkan på avelsarbetet

Avelsmålet för dagens produktionsdjur innebär oftast en strävan efter högre vinst för de som investerar i avelsarbetet. Ett avelsmål kan därför ses som en vinstfunktion där gårdens vinst är beroende på djurens genetiska värde och korrigeringar görs för intäkter och kostnader som beror på miljöfaktorer (Goddard, 1998). De egenskaper som finns med i avelsmålet bör enligt Goddard (1998) vara så direkt relaterade till intäkter och kostnader i produktionen som möjligt. Viktningen av egenskaperna i avelsmålen bygger i dag till stort del på ekonomiska marknadsvärden (Olesen et al., 2000). För att kunna vikta egenskaperna så korrekt som möjligt även i ett längre perspektiv krävs att marknadssignaler förs från konsument till industri och uppfödare. Om signaler från marknaden inte går fram till avelsorganisationen blir avelsmålet snabbt inaktuellt eftersom resultatet av dagens avelsarbete inte märks förrän om några år (Goddard, 1998). Den största kontinuerliga kostnaden inom animalieproduktion är foderkostnader. Detta har inneburit att de flesta avelsmål för lantbrukets djur bygger på en hög produktionseffektivitet. Hög produktionseffektivitet innebär hög produktion trots ett relativt litet foderintag (Rauw et al., 1998).

Den danska jerseykon är ett bra exempel på hur stor inverkan marknaden har på avelsarbetet. Jerseykon importerades till Danmark runt förra sekelskiftet. En hög fettprocent i mjölken var

redan från början ett av de främsta avelsmålen. Detta mål följdes fram till mitten av 1980-talet och den danska jerseyen hade följaktligen en hög fettprocent jämfört med andra mjölkkoraser. Dock var proteinmängden i mjölken lägre än för andra raser i landet. Under mitten av 80-talet skedde en förändring i betalsystemet för mjölk. Tidigare hade priset baserats på fetthalt, men detta ändrades till att priset baserades på både fetthalt och proteinhalt. För bönder med jerseykor i besättningen innebar detta att deras inkomst sjönk drastiskt. Det danska avelsarbetet för jerseykor som i 80 år varit framgångsrikt blev genom denna förändring inte längre aktuellt och avelsmålet fick ändras (Christensen, 1998).

Retrospektivt index

Ett retrospektivt index innebär att, teoretiskt sett, alla möjliga kombinationer av genetiskt framsteg för olika egenskaper jämförs. Kombinationerna av genetiskt framsteg för olika egenskaper tas fram genom att egenskapernas vikter i avelsmålet varieras. Sedan kan den kombination som ger bäst förväntad respons väljas ut (Walsh & Lynch, 2000). De flesta selektionsindex kräver att alla egenskaper uttrycks i samma skala. Registreringarna för de olika egenskaperna multipliceras då med en beräknad ekonomisk vikt och egenskapens värde uttrycks i t.ex. kronor. Att egenskaperna behöver uttryckas i samma skala beror på att det som eftersträvas är en så hög korrelation som möjligt mellan index-värdet och det sammanlagda värdet av egenskaperna i avelsmålet (Kanis et al., 2005). Genom att i det retrospektiva indexet använda sig av så kallade "desired-gains" behöver inte de ekonomiska vikterna specificeras. I ett index som bygger på "desired-gains" specificerar man den respons som önskas för en egenskap (Walsh & Lynch, 2000) till exempel att en egenskap inte ska förändras (Kanis et al., 2005).

För att beskriva hur ett retrospektivt index kan användas tar Kanis et al. (2005) upp ett exempel med en sugg-linje där man selekterar för produktionsegenskaper (tillväxthastighet och köttprocent hos slaktsvin) och reproduktionsegenskaper (kullstorlek, suggans foderintag under första laktation, intervall från avvänjning till brunst). Dessa egenskaper räknas som egenskaper av ekonomisk vikt. Benstyrka hos suggorna under dräktighet och laktation togs upp eftersom dessa egenskaper är av både ekonomisk och icke-ekonomisk vikt. Suggans beteende under dräktigheten togs upp då det är av endast icke-ekonomisk vikt. Kanis et al. (2005) visade med en simulering att om ingen selektion görs för benhälsa eller beteende försämras dessa egenskaper. Genom att öka dessa egenskapers vikt i avelsmålet minskas först försämringen, sedan börjar en förbättring av egenskaperna. Då den totala ekonomiska responsen var som högst låg benhälsan på en vikt på hälften av vad som krävdes för att stoppa försämringen i benhälsa. En fördubbling av vikten för benhälsa (alltså benhälsa som varken försämras eller blir bättre) skulle innebära att den ekonomiska responsen endast skulle sjunka marginellt. En ökad vikt på benhälsa utöver det som krävs för att försämringen ska upphöra skulle innebära en förbättring av benhälsan, men förlusten i den totala ekonomiska responsen skulle bli stor. Beteende har en svag positiv korrelation med benhälsa vilket gör att då vikten för beteende är noll förbättras egenskapen ändå i och med ökad vikt på benhälsa. Studien visar att med selektion baserad endast på MV blir det ekonomiska framsteget optimalt men egenskaper med NV försämras kraftigt. Om responsen maximeras utifrån MV och NV blir den totala responsen 16 % högre än då det maximeras endast utifrån MV. Problemet är att i praktiken tjänar avelsindustrin mer per gris vid ekonomisk selektion eftersom NV inte syns i avelsindustrins kortsiktiga ekonomiska vinst (Kanis et al., 2005).

Miljömässig hållbarhet inom produktionen

Grisproduktionen är ett bra exempel där avelsarbete kan leda till mindre miljöpåverkan och därmed en mer miljömässigt hållbar produktion. Enligt Kanis et al. (2005) sker miljöpåverkan genom utsläpp av mineraler och tungmetaller via gödsel. Det finns många faktorer som påverkar utsläppen av ämnen som till exempel fosfor. Några exempel är foderutnyttjande, antal grisar som krävs för bibehållen produktion och antal sugor som behöver hållas per producerad enhet griskött (Kanis et al., 2005). Dessa tre faktorer går att påverka via avel. Foderomvandlingsförmåga selekteras redan för (PIC, 2010) genom att mäta foderintag och tillväxt. Ökad foderomvandlingsförmåga hos djuren minskar dessutom behovet av åkerareal till foderproduktion. År 2002 producerades foder på så mycket som 211 miljoner hektar i världen (FAO, 2006). Avel för grisar med bättre hälsa och sjukdomsresistens och därmed högre tålighet mot till exempel temperaturväxlingar, skulle dels kunna minska användningen av fossila bränslen till temperering av stallar. Det skulle också ge ett lägre behov av antibiotika och fodertillskott vilket skulle minska läckaget av dessa ut i naturen (Kanis et al., 2005). Lägre sjukdomsfrekvens innebär även färre grisar med låg tillväxt (Wallgren, 2000) vilket innebär att ett mindre antal grisar krävs för att producera samma mängd kött. Selektion för bättre fertilitet skulle minska antalet sugor som kasseras på grund av utebliven dräktighet och antalet rekryteringssugor skulle minska (Engblom, 2008).

Europarådet lade redan 1991 fram ett direktiv kring skyddet av grundvattnet från nitrater (kväve) från jordbruket (Europarådet, 1991). Avel för ett minskat kväveutsläpp borde vara genomförbart då det som påverkar utsläppen mest är effektiviteten i produktionen och djurens reproduktionsförmåga. Egenskaper som påverkar effektiviteten i produktionen är till exempel foderomvandlingsförmåga, tillväxt och slaktkroppsegenskaper. Dessa egenskaper har medelhög till hög arvbarhet och är därmed lätta att selektera för. För en effektiv reproduktion krävs avel för högre fertilitet. Arvbarheten för egenskaper knutna till fertilitet är relativt låga, men tillräckliga för att selektion för dessa egenskaper ska kunna genomföras framgångsrikt. Dessa egenskaper knutna till effektivitet ingår redan i avelsmålen för grisar, då de är av ekonomiskt värde. Deras vikt i avelsmålet borde däremot ökas genom att även deras NV i form av minskad miljöpåverkan läggs till (Kanis et al., 2005). Enligt Wallgren (2000) bidrar den svenska grisproduktionen med gödsel innehållande slaggprodukter från ca 6000 ton foder varje dag. Protein består av cirka 16 % kväve och proteinhalten i grisfodret ligger runt 15 %. Om man räknar med att grisarna utnyttjar 75 % av proteinet i fodret innebär detta att 36 ton kväve per dag utsöndras via gödsel. Detta innebär 13 140 ton kväve per år. Ungefär hälften av detta kväve beräknas kunna användas i odlingen av nytt foder, den andra hälften läcker ut i vatten och luft. Behovet av kvävetillförsel via foder till grisarna kan minska med 525 ton per år vid endast en procents förbättring i foderutnyttjande. En sådan förbättring skulle innebära att mängden kväve som inte utnyttjas av grisarna minskar med 130 ton per år (Wallgren, 2000).

Avel för ökad produktionseffektivitet minskar inte bara kväveutsläppen från grisproduktionen utan skulle även kunna minska metanutsläppen från nötboskapen. En studie gjord av Jentsch et al. (2009) visar att foderförbrukningen och metanutsläppen per ko ökar med ökad produktion. Om beräkningen däremot görs utifrån metanutsläpp per producerad enhet istället för metanutsläpp per ko sjunker metanutsläppet med ökad produktion. Detta kan förklaras genom att vid en fördubbling av produktionen per ko, behöver endast halva antalet djur hållas för samma produktion vilket innebär att mängden metan som avges endast för kornas underhåll halveras (Jentsch et al., 2009). Avel för egenskaper kopplade till produktions-effektivitet ger därmed ett lägre metanutsläpp per producerad enhet mjölk eller kött.

Djurvälfärd och hälsa

Djurvelfärd och hälsa hos gris

Viktiga egenskaper när det kommer till djurvelfärd för grisar är temperament (aggressivitet, aktivitet, nyfikenhet), stresstålighet och robusthet. Robusthet inkluderar fysisk hälsa och sjukdomsresistens (Kanis et al., 2005). Inom dessa egenskaper finns tillräcklig genetiskt variation för att möjliggöra selektion (Kanis et al., 2004). De är dessutom av tillräckligt högt värde (MV och NV) för att motivera till selektion (Harper & Henson, 2001). Problematiken är enligt Kanis et al. (2005) att välja ut och definiera ett antal egenskaper som är representativa för hälsa och välfärd och dessutom är mätbara. Vissa egenskaper bundna till välfärd och hälsa såsom stresskänslighet och benhälsa finns redan i avelsprogram för gris då de är av tillräckligt MV. Genom att lägga till även NV kan dessa egenskapers värde öka (Kanis et al., 2005).

Den danska Skalborg-linjen

Ett exempel på hur avelsarbetet och djurens välfärd och hälsa påverkas av inhysningssystem finns inom värphönsaveln i form av den danska Skalborg-linjen. På 50-talet blev burarna vanliga i värphönsproduktionen. Fram till dess hade hanarna avkommeprövats utifrån döttrar som hölls i golvsystem eftersom detta var det vanligaste inhysningssystemet. Då bursystemen kom in på marknaden började de internationella avelsföretagen att basera sin testning och selektion på värphöns i bur istället. I Danmark förbjöds dock burarna och man fortsatte basera avelsbedömningarna på test utförda i golvsystem. Under ca 20 år arbetades det fram en linje värphöns som presterade bra i de danska golvsystemen. Denna linje kallades Skalborg-linjen. När förbudet mot att hålla burhöns togs bort 1979 och bursystem blev vanligare visade det sig dock att Skalborg-linjen inte kunde konkurrera med de hybrider som de internationella företagen hade tagit fram för burhållning. Den danska aveln på värphöns lades ner och Skalborg-linjen försvann. När konsumenterna på senare tid har börjat intressera sig för de etiska aspekterna kring djurhållning och djurvelfärd har ägg från värphöns hållna i golvsystem blivit allt mer efterfrågade. Tyvärr är dagens värphöns framtagna för bursystem och presterar inte lika bra i golvsystem som den gamla Skalborg-linjen gjorde. Bland annat finns stora problem med fjäderplockning och kannibalism (Christensen, 1998). Även om dessa problem kan bero på miljörelaterade faktorer såsom temperatur och typ av strö (Lambton et al., 2010) har djurens genetiska bakgrund stor betydelse (Buitenhuis et al., 2005).

Negativ energibalans hos mjölkkor

Många av dagens högproducerande kor har en negativ energibalans i början av laktationen. En negativ energibalans innebär att den energi korna får i sig via foder inte räcker till för mjölkproduktionen och de tar av sina kroppsreserver för att klara sig. En negativ energibalans innebär högre risk för matsmältningsproblem och en försämrad fertilitet. Det finns forskning som tyder på att mjölkkor med ett högt avelsvärde för mjölkproduktion också har en sämre fysisk kondition i början av laktationen. Detta är en följd av att selektionen har baserats till största del på hög mjölkproduktion och otillräcklig vikt har lagts på hälsa (Rauw et al., 1998).

Social hållbarhet

Dagens konsumenter är intresserade av att livsmedelsproduktionen sker på ett hållbart sätt (Gamborg & Sandøe, 2005). Produktkvalitet från konsumentsynpunkt handlar inte enbart om produktens fysiska kvalitet utan även om produktionssystemet, till exempel djurmiljö (Olesen et al., 2000). Produktens fysiska kvalitet är dock fortfarande av stor vikt för konsumenten. En studie av Olesen et al., (2010) visar att konsumenten är villig att betala för en ökad

djurvälfärd, men bara så länge som varans estetiska kvalitet är oförändrad (i denna studie laxköttets färg).

Egenskaper av vikt för samhället

Kanis et al. (2005) diskuterar grisavel ur ett socialt hållbart perspektiv och beskriver egenskaper med NV som egenskaper av samhällsvikt. Exempel på egenskaper av samhällsvikt är egenskaper relaterade till djurhälsa och djurvälfärd, miljöpåverkan och livsmedelssäkerhet och kvalitet. Det finns även egenskaper Kanis et al. (2005) väljer att kalla semiekonomiska då en förbättring av dessa skulle innebära högre inkomst eller lägre produktionskostnad men deras värde går inte att mäta direkt i ekonomiska enheter, exempelvis benhälsa. Många egenskaper är dock både MV och NV, exempelvis köttkvalitet vilket är önskat av konsumenterna och till viss del även ger högre ekonomiskt värde i handeln. De flesta av de egenskaper som är av samhällsvikt har tillräckligt hög arvbarhet för att kunna selekteras framgångsrikt för i ett avelsprogram. Ett bra sätt att vikta egenskaperna i ett avelsmål med egenskaper av både kortsiktig ekonomisk betydelse och samhällsvikt är via ett retrospektivt index (Kanis et al. 2005).

Muskelhypertrofi hos belgisk blå

Inom nötköttsrasen belgisk blå finns en hög frekvens djur vilka har muskelhypertrofi, även kallat ”dubbla muskler”. ”Dubbla muskler” är dock en något missvisande term då djuret inte har dubbel uppsättning av sina muskler utan ett ökat antal muskelfibrer av ökad storlek. Muskelhypertrofi av detta slag återfinns förutom hos belgisk blå även hos andra nötköttsraser och får och styrs av en enda gen. Djur med muskelhypertrofi har en proportionellt sett större mängd muskler i förhållande till ben än nötkreatur utan muskelhypertrofiallelen. Muskelhypertrofi resulterar även i en högre proportion av de värdefullaste styckningsdetaljerna samt en lägre fettprocent. Den lägre fettprocenten är av vikt då dagens konsument efterfrågar magert kött. Dock ger muskelhypertrofin även problem med blodcirkulationen, lägre stresstålighet, reducerad fertilitet och stora kalvningssvårigheter (Arthur, 1995). Kalvningssvårigheterna är idag så stora att i den belgiska produktionen utförs kejsarsnitt rutinmässigt (Kolkman et al., 2007). I Sverige har det funnits stora frågetecken kring införandet av rasen i landet. Försäkringsbolaget Agria vill inte låta försäkra belgisk blå eller korsningar med rasen då man anser att de ur veterinärmedicinsk synvinkel har stora problem (Agria, 2010). Även Lantbrukarnas Riksförbund, LRF, tar aktivt ställning mot belgisk blå och avel på djur med muskelhypertrofi. LRF anser att en defekt allel som orsakar lidande hos djuret inte bör införas i den svenska aveln eller användas i produktionen. LRF hänvisar även till ett starkt motstånd hos svenska konsumenter mot användning av och avel på djur med muskelhypertrofi (LRF, 2010). Djurhälsa är viktigt av etiska skäl och därmed en egenskap med NV, alltså är egenskapen viktig ur ett samhällsperspektiv (Kanis et al., 2005).

Global hållbarhet

Global utveckling

Olesen et al (2000) presenterar avelsstrategier utifrån en trolig global utveckling. En ökad global befolkningssmängd ger ökad efterfrågan på livsmedel. Livsmedelsproduktionen bör ha dubblats år 2050 för att kunna möta befolkningsökningen (FN, 2009). En ökad efterfrågan på livsmedel bör följas av avelsarbete mot högre produktivitet med högre effektivitet per producerad enhet. Ökade kostnader för livsmedel kan sänkas med avel för friskare djur med högre fertilitet eftersom detta sänker produktionskostnaderna för animalieprodukter. Ökad konkurrens om mark kräver djur vilka kan utnyttja lokala foderråvaror samt har högre foder-

utnyttjande. En ökad välfärd i utvecklingsländer leder till att produktionssystemen behöver diversifieras och anpassas till konsumenternas efterfrågan och lokala förhållanden. Detta gör att avelsmålen måste breddas globalt sett och avelsarbetet gå mot robusta djur med stor anpassningsförmåga (Olesen et al., 2000).

Avel i utvecklingsländer

Olika förutsättningar leder till olika innebörd av begreppet hållbar produktion (Vavra, 1996). De avelsprogram vi följer i västvärlden vore inte funktionella eller socialt accepterade i många utvecklingsländer (Olesen et al., 2000). För att en avelsstrategi ska fungera och vara långsiktigt hållbar krävs att den är anpassad till produktionssystem, miljö samt de sociala, politiska samt ekonomiska förhållanden som råder i området (Djemali & Wrigley, 2002). Till exempel krävs hög produktkvalitet enligt de lokala preferenser som råder för att produkten ska gå att sälja och produktionen ska vara ekonomiskt hållbar (Olesen et al., 2000).

Trots att utvecklingen inom aveln i västvärlden kommit långt är det svårt att nå ett framgångsrikt avelsarbete i många utvecklingsländer (Djemali & Wrigley, 2002). Ett sätt att öka produktionen är att använda sig av korsningsavel. Via korsningsavel kan egenskaper från olika raser kombineras samtidigt som man kan utnyttja heterosis, korsningseffekten, vilken bland annat ger bättre överlevnad hos avkomman. För att ett korsningsavelssystem ska vara framgångsrikt krävs dock vissa förutsättningar som till exempel bibehållandet av avelsarbete i renrasiga populationer. Raskombinationen ska dessutom bestämmas noggrant utifrån klimat, produktionssystem och produktionens mål. Även kombinationen hondjur - handjur måste planeras och parningar/seminering måste utföras systematiskt. För att planeringen ska fungera krävs att korsningssystemet man valt är relativt enkelt. Selektionen bör vara intensiv och djur som inte uppfyller målen bör tas ur aveln (Koger, 1980). En av anledningarna till att avelsarbetet i utvecklingsländer hamnat på efterkälken är att finansiella problem gjort dessa förutsättningar svåra att uppfylla (Djemali & Wrigley, 2002).

Under 1960-talet började man med ett korsningsprogram i Kerala, Indien och man startade upp flera seminstationer. Lokala zebu-raser och exotiska mjölkkraser, exempelvis jersey, korsades för att få fram en ny ras som var väl anpassad till klimatet och producerade mer mjölk än de lokala raserna. Tack vare det framgångsrika avelsarbetet kunde mjölkbönderna besvara den ökade efterfrågan på mjölk som kom under 1980-talet när urbaniseringen i området ökade och mjölkproduktionen i området kunde fortsätta expandera (Nair, 1990).

Långsiktig hållbarhet

Avelsarbete görs för att förbättra det framtida djurmaterialet. För att kunna bedriva ett framgångsrikt avelsarbete är det inte dagens efterfrågan och trender som behöver tillgodoses utan framtidens. Detta gäller efterfrågan på produkten, dess pris och kvalitet. Men också konsumentens åsikt om produktionens miljöpåverkan, nya tekniker och djurvelfärd spelar roll för hållbarheten (Christensen, 1998).

Långsiktiga och kortsiktiga avelsmål

Olesen et al. (2000) jämför alternativ för viktning av egenskaper i ett avelssystem för nöt för att undersöka effekten av kortsiktiga respektive långsiktiga avelsmål. I exemplet tar de upp mjölkavkastning, mastitfrekvens, köttproduktion och fertilitet. Ogynnsamma korrelationer finns vilket innebär att ökad mjölkavkastning och ökad köttproduktion ger högre mastitfrekvens. På grund av korrelationerna sjunker fertiliteten då mjölkavkastningen eller kött-

produktionen ökar. De ekonomiska vikterna för mjölkavkastning och köttproduktion är de samma för alla tre alternativ. Alternativ 1 bygger på att öka produktionen och därmed den kortsiktiga ekonomiska vinsten. Ingen hänsyn tas till mastitfrekvens eller fertilitet. I alternativ 2 har avelsmålet breddats och även mastitfrekvens samt fertilitet får ekonomisk vikt. Dock beräknas vikterna för de olika egenskaperna utifrån ekonomisk vinst av en eventuell förbättring av egenskapen i fråga. När det gäller alternativ 3 ligger fokus på långsiktigt ekonomiskt värde och etiska aspekter av en minskad mastitfrekvens istället för kortsiktig ekonomisk vinst och även NV läggs in. Alternativ 1 ger högst selektionsrespons för mjölkavkastning och köttproduktion. Dessa egenskaper har i alternativ 3 en betydligt lägre selektionsrespons än i alternativ 1 och 2, eftersom mer vikt lagts på mastitfrekvens och fertilitet och dessa är ogynnsamt korrelerade med mjölkavkastning och köttproduktion. Förutsatt att vikterna i alternativ 3 är sanna och dessa används för att beräkna marknads-ekonomisk selektionsrespons för alla tre alternativ kommer alternativ 2 att vara det mest lönsamma. Den lilla skillnad som då finns i marknadsekonomisk selektionsrespons för det kortsiktiga alternativ 2 och det långsiktiga alternativ 3 kan ses som den kostnad vi idag behöver betala för en genetisk förändring som kan vara lönsam i framtiden (Olesen et al. 2000).

Vikten av breda avelsmål

Ett för smalt avelsmål kan få konsekvenser på den långsiktiga hållbarheten i ett avelsarbete. Ett exempel på detta finns inom avelsarbetet för danska lantrasgrisar. Det danska avelsarbetet på slaktsvin inleddes omkring sekelskiftet 1900 och fokus var redan från början på slaktkroppsegenskaper. Den danska lantrasen blev snart sedd som en av de främsta i världen för produktion av bacon. För att behålla rasens status på marknaden var export av levande djur och sperma förbjuden. När man under 1970-talet tog in "British Large White" i Danmark och utförde jämförande tester visade det sig att den danska lantrasen inte längre var så konkurrenskraftig som man trodde (Christensen, 1998). I en studie av Jonsson och Back (1975) visade sig British Large White ha bättre tillväxt och foderomvandlingsförmåga samt högre köttprocent. Detta visar på att det danska avelsarbetet för slaktsvin från början arbetade enligt ett för smalt avelsmål. Ett smalt avelsmål leder till att viktiga egenskaper missas och till att vissa egenskaper via olika genetiska korrelationer försämras (Rauw et al., 1998).

Genetisk mångfald

Genetisk mångfald kan ses som en naturresurs (Kanis et al., 2005) då det är den genetiska variationen som ger möjlighet till anpassning. Förmågan till anpassning är viktig för att husdjursaveln ska vara långsiktigt hållbar. Genetisk mångfald bland lantbrukets djur är därför av stor vikt i dagsläget då vi går mot stora förändringar i form av bland annat en allt större global befolkning och klimatförändringar (FAO, 2007). Ett exempel på när det skulle ha varit klokt att bevara den genetiska mångfalden är den danska skalborg-linjen med värphöns anpassade till golvsystem som nämnts tidigare (Christensen, 1998). År 2007 antog 109 av 169 länder som var närvarande vid Food and Agriculture Organisation's, International Technical Conference on Animal Genetic Resources en "Global plan of Action" och de skrev under Interlakendeklarationen. Denna syftar till att skapa internationella riktlinjer för hållbart nyttjande, utveckling och bevarande av husdjursgenetiska resurser för mat och jordbruk (FAO, 2007).

I många länder har framgången i avelsarbetet och utvecklingen av produktionssystem varit så stor att produktionen ökat med 2% årligen de senaste 50 åren. Detta visar på hur stor resurs den genetiska variationen faktiskt är. Dock finns problem då avelsprogrammen har baserats

mestadels på kortsiktiga mål om högre produktion utan att tänka på konsekvenserna för bland annat den genetiska mångfalden (FAO, 2007). Ett exempel på hur avelsarbetet kan minska den genetiska mångfalden är den drastiska minskning i lokala norska mjölkkoraser som skett de senaste 50 åren. Norge hade från början omkring 30 olika mjölkkoraser och bönderna var övertygade om att deras lokala ras var bäst anpassade till området och dess förutsättningar. Avelsföreningen för Norsk röd boskap (NRF) antog för cirka 50 år sedan professor Harald Skjervolds idéer kring testning och urval av semintjurar. NRF var inte den dominerande rasen, men tack vare det nya sättet att selektera visade det sig att döttrar till de utvalda NRF-tjurarna mjölkade betydligt mer än den typ av kor som använts tidigare. En höjning i mjölmängd med flera 100 kg mjölk per ko innebar ett enormt ekonomiskt framsteg och snart användes NRF-tjurarna till alla kor. NRF är idag den största mjölkkorasen i Norge och av de lokala raserna finns endast ett fåtal kvar (Christensen, 1998).

Att nationella lokala raser bevaras är viktigt eftersom den genetiska mångfalden minskar då stora internationellt etablerade raser allt mer tar över bland lantbrukets djur. Då den genetiska mångfalden minskar förloras genetiska resurser som kan vara viktiga i framtiden. I Sverige finns ett miljö kvalitetsmål som heter ”Ett rikt odlingslandsskap”. Delmål fyra lyder: *”Senast år 2010 skall det nationella programmet för växtgenetiska resurser vara utbyggt och det skall finnas ett tillräckligt antal individer för att långsiktigt säkerställa bevarandet av inhemska husdjursraser i Sverige”*. Jordbruksverket, avelsorganisationer och rasföreningar hjälps åt för att uppfylla detta mål. För att hotade svenska husdjursraser ska kunna uppnå en tillräckligt stor populationsstorlek för att säkra en långsiktig överlevnad och bevara den genetiska variationen inom rasen utgår en miljöersättning till de som håller dessa raser (Jordbruksverket, 2006).

Diskussion

En stor del av problematiken kring avel för hållbar produktion är att begreppet hållbarhet är så pass brett. Det innehåller vitt skilda aspekter såsom miljömässig hållbarhet, ekonomisk hållbarhet, djurvälstånd och genetisk mångfald (Code-EFABAR, 2006; DSD, 2010; Francis & Callaway, 1993; Gamborg & Sandøe, 2005; Glavič & Lukman, 2007; Olesen et al., 2000). Frågan är om alla dessa olika aspekter av hållbar produktion kan uppfyllas samtidigt och om produktionen måste vara hållbar inom alla områden för att anses vara hållbar produktion? Om man måste välja, vilka aspekter är viktigast? Stundtals krockar olika mål med varandra. Ett exempel på detta är avel för mer hållbara robustare djur vilket kan sänka produktionsnivån och därmed göra animalieproduktionen ekonomiskt ohållbar. Men samtidigt kan dessa hållbarhetsaspekter gynna varandra då avel för robustare djur kan ge en högre framtida ekonomisk vinst (Olesen et al., 2000).

Ett sätt att försöka väga olika aspekter mot varandra är att använda sig av NV, detta innebär att egenskaper i avelsmålet vilka är av högt samhällsvärde men av lågt ekonomiskt värde kan ges en viktning där även samhällsvärdet tas med i beräkningen (Kanis et al., 2005; Olesen et al., 2000). Dock anges även NV i ekonomiska enheter och hur mäter man samhällsvärde i pengar? Hur mycket pengar är vi beredda att satsa på bättre djurhälsa och därmed lägre antibiotika användning vilket i slutändan ger färre antibiotikaresistenta bakterier? Eller hur mycket är bevarandet av en lantras värt? En egenskaps samhällsvärde kan dessutom förändras med samhällsmedborgarnas åsikter och med vad som för tillfället debatteras i media. Värdet av en bättre djurhälsa och därmed färre antibiotikaresistenta bakterier skulle till exempel stiga ordentligt om samhället drabbades av en antibiotikaresistent bakterie.

Även om människors åsikter styr en egenskaps samhällsvärde behöver det inte innebära att dessa åsikter alltid stämmer. Miljömässig hållbarhet ses till exempel ofta som liktydigt med småskalig produktion. Detta behöver dock inte vara sant. Enligt Jentsch et al. (2009) och Wallgren (2000) ger en satsning mot ökad effektivitet i produktionen en minskad miljöpåverkan per producerad enhet. Produktionseffektiviteten per djur är inte direkt kopplad till små- eller storskalig produktion utan beror på egenskaper som till exempel foderomvandlingsförmåga och tillväxt (Kanis et al., 2005). Dock kan en för stor satsning på ökad effektivitet och därmed också ökad produktion riskera att till exempel djurvälståndet och djurens hälsa åsidosätts. Den miljömässiga hållbarheten står därmed i konflikt med djurhälsoaspekten. Å andra sidan kan en bättre djurhälsa ge ökad effektivitet och ökad produktion per djur vilket sänker antalet djur som krävs för bibehållen produktion. Med ett mindre antal djur krävs mindre foder och mindre åkerareal till odling av foder och därmed minskar även miljöpåverkan från foderproduktionen.

Att avelsarbetet leder till en god ekonomi i produktionskedjans olika led är mycket viktigt för hållbarheten. Avelsprogrammet måste kunna hantera en förändring av den ekonomiska situationen. Ett exempel på detta är avelsarbetet för den danska jerseykon där man då betalsystemet för mjölk förändrades fick lägga om avelsmålen helt (Christensen, 1998). Det är lätt att stirra sig blind på den kortsiktiga ekonomiska vikten och därmed ge de rena produktionsegenskaperna för stor tyngd och missa till exempel hälsoaspekter. Men en produktion som är ekonomiskt hållbar kan även gynna andra aspekter av hållbar produktion. Till exempel innebär ekonomisk hållbarhet hög produktionseffektivitet vilket också gynnar miljön (Jentsch et al., 2009, Kanis et al., 2005 & Wallgren, 2000) och gör produktionen globalt hållbar med tanke på utvecklingen mot en större befolkningsmängd och därmed större behov av livsmedel (FN, 2009).

Djurvälfärd och hälsa kan vara lätt att missa vid fokus på ekonomisk hållbarhet men djurhälsan är av ekonomisk vikt då en god hälsa sänker produktionskostnaderna (Groen et al., 1997) och levande friska djur är en förutsättning för en fungerande produktion. Men djurvälfärd spelar även en stor roll för den sociala hållbarheten då konsumenten ser det som ett mått på produktkvalitet. Det tråkiga är att konsumenterna, som till exempel upprörs när djurvälfärdsproblem tas upp i media, bara är beredda att betala för ökad djurvälfärd så länge det inte är på bekostnad av någon annan produktkvalitet (Olesen et al., 2000).

Djur anpassade och avlade för en viss produktion, ett visst system eller ett visst klimat fungerar som bäst i just där och kanske inte alls fungerar någon annanstans (Christensen, 1998; Djemali & Wrigley, 2002; Olesen et al., 2000; Vavra, 1996). För att kunna anpassa djuren till nya system, ekonomiska förutsättningar och klimatförändringar och därmed göra aveln långsiktigt hållbar krävs genetisk mångfald så att det genetiska material som krävs för att klara förändringen inte har avlats bort till fördel för mer kortsiktiga mål.

Slutsats

Att avla för en produktion som uppfyller kraven på största möjliga hållbarhet i alla tänkbara aspekter är en omöjlighet. Gemensamt för alla faktorer som påverkar produktionens hållbarhet och därmed även aveln för en hållbar produktion är att de alla gynnas av ett långsiktigt tänkande. Många av de olika hållbarhetsaspekterna gynnar dessutom varandra. Detta gör att man genom breda avelsmål, ett bevarande av genetiska resurser samt en ökad effektivitet i produktionen kan komma långt. Trots att man i avelsarbetet hela tiden måste försöka förutsäga framtiden så bygger ett avelsarbete för en hållbar produktion främst på eftertanke.

Referenser

- Agria, 2010. Agria Djurförsäkring, April 2010,
<http://www.agria.se/agria/index.nsf/LinkFrameSet?ReadForm&url=http://www.agria.se/agria/text.nsf/id/268>.
- Arthur, P.F., 1995. Double muscling in cattle: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 46, 1493-1515.
- Buitenhuis, A.J., Rodenburg, T.B., Siwek, M., Cornelissen, S.J.B., Nieuwland, M.G.B., Crooijmans, R.P.M.A., Groenen, M.A.M., Koene, P., Bovenhuis, H., van der Poel, J.J., 2005. Quantitative trait loci for behavioural traits in chickens, *Livestock Production Science* 93, 95-103.
- Christensen, L. G., 1998. Future market and Consumer-orientated Breeding Goals. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section A, Animal Science. Supplement* 28, 45-53.
- Code-EFABAR, Code of Good Practice for Farm Animal Breeding and Reproduction Organisations, 2006. EFFAB, Version 2009. Mars 2010. <http://www.effab.info/the-code/code-efabar>.
- Djemali, M., Wrigley, J., 2002. Tailoring genetic improvement to meet the overall livestock development objective. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, August 19-23, 2002, Montpellier, France.
- DSD, 2010. UN Department of Economic and Social Affairs, Division for Sustainable Development. Mars 2010. www.un.org/esa/dsd/dsd/dsd_index.shtml.
- Engblom, L., 2008. Culling and Mortality among Swedish Crossbred Sows. Sveriges lantbruksuniversitet, Veterinärmedicinska fakulteten, Institutionen för Husdjursgenetik. Doktorsavhandling.
- Europarådet. 1991. Rådets direktiv 91/676/EEG av den 12 december 1991 om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket. Europeiska gemenskapernas officiella tidning 31.12.1991, Bryssel.
- FAO, 2006. FAO Livestocks Long Shadow. April 2010.
<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/A0701E/A0701E00.pdf>.
- FAO, 2007. Global Plan of Action for Animal Genetic Resources and the Interlaken Declaration. April 2010. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1404e/a1404e00.pdf>.
- FN (UNEP), 1972, Declaration on the United Nations Conference on the Human Environment. April 2010.
<http://www.unep.org/Documents.multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503>.
- FN, 1987, Report of the world Commission on Environment and Development: Our Common Future. Mars 2010. www.un.org/esa/dsd/resources/res_publcorepubli.shtml.
- FN (UNEP), 1992, Rio Declaration on Environment and Development. April 2010.
<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=78&ArticleID=1163>.
- FN, 2009. Panel Discussion addressing "New Cooperation for Global Food Security". April 2010.
<http://www.un.org/News/Press/docs/2009/gaef3242.doc.htm>.
- Francis, C.A., Callaway, M.B., 1993. Crop improvement for future farming systems. In: *Crop improvement for sustainable agriculture* (eds B. Callaway, C.A., Francis), 1-18. University of Nebraska Press, Lincoln (Referens från Olesen et al., 2000).
- Gamborg, C., Sandøe, P., 2005. Sustainability in farm animal breeding: a review. *Livestock Production Science* 92, 221-231.
- Glavič, P., Lukman, R., 2007. Review of sustainability terms and their definitions. *Journal of Cleaner Production* 15, 1875-1885.
- Goddard, M.E., 1998. Consensus and Debate in the Definition of Breeding Objectives. *Journal of Dairy Science* 81, 6-18.

- Groen, A. F., Steine, T., Colleau, J., Pedersen, J., Pribyl, J., Reinsch, N., 1997. Economic values in dairy cattle breeding, with special reference to functional traits. Report of an EAAP-working group. *Livestock Production Science* 49, 1-21.
- Harper, G.C., Henson, S.J., 2001. Consumer Concerns about Animal Welfare and the Impact on Food Choice. EU FAIR CT98-3678.
- Jentsch, W., Piatkowski, B., Schweigel, M., Derno, M., 2009. Quantitative results for methane production of cattle in Germany. *Archives of Animal Breeding* 52, 587-592.
- Jonsson, P., Back, E., 1975. Racesammenligning i Danmark og Storbritannien mellem baconracerne Dansk Landrace og Large White på basis af udveksling af ornesæd. Report. No. 486. National Institute of Animal Science, Copenhagen. (Referens från Christensen, 1998).
- Jordbruksverket, 2006. Utvecklingen av husdjursgenetiska resurser i Sverige 2006. April 2010. <http://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/ovrigt2/ovr148.pdf>.
- Kanis, E., De Greef, K.H., Heimstra, A., van Arendonk, J.A.M., 2005. Breeding for societally important traits in pigs. *Journal of Animal Science* 83, 948-957.
- Kanis, E., Van den Belt, H., Groen, A.F., De Greef, K.H., 2004. Breeding for improved welfare in pigs: a conceptual framework and its use in practice. *Animal Science* 78, 315-329.
- Koger, M., 1980. Effective Crossbreeding Systems Utilizing Zebu Cattle. *Journal of Animal Science* 50, 1215-1220.
- Kolkman, I., De Vliegher, S., Hoflack, G., Van Aert, M., Laureyns, L., Lips, D., de Kruif, A., Opsomer, G., 2007. Protocol of the Caesarean Section as Performed in Daily Bovine Practise in Belgium. *Reproduction in Domestic Animals* 42, 583-589.
- Lambton, S.L., Knowles, T.G., Yorke, C., Nicol, C.J., 2010. The risk factors affecting the development of gentle and severe feather pecking in loose housed laying hens. *Applied Animal Behaviour Science* 123, 32-42.
- Liinamo, A.E., Neeteson-van-Nieuwenhoven, A.M., 2002. Sustainable farm animal breeding and reproduction in Europé. 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Augusti 19-23, 2002, Montpellier, Frankrike.
- LRF, 2010. Lantbrukarnas Riksförbund. April 2010, <http://www.lrf.se/medlem/regioner/jonkoping/nyheter/information-om-lrfs-stallningstagande-kring-belgisk-bla/>.
- Nair, K.N., 1999. Cattle Developement in Kerala: Trends and Prospects. *Economic and Political Weekly* 25, 1-8.
- Nielsen, H.M., Christensen, L.G., Ødegård, J., 2006. A Method to Define Breeding Goals for Sustainable Dairy Cattle Production. *Journal of Dairy Science* 89, 3615-3625.
- Olesen, I., Alfnes, F., Bensze Røra, M., Kolstad, K., 2010. Eliciting consumers' willingness to pay for organic and welfare-labelled salmon in a non-hypothetical choice experiment. *Livestock Science* 127, 218-226.
- Olesen, I., Groen, A.F., Gjerde, B., 2000. Definiton of animal breeding goals for sustainable production systems. *Journal of Animal Science* 78, 570-582.
- PIC, 2010. Pig Improvement Company. April 2010. <http://www.pic.com/cms/USA/759.html>.
- Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N., Grommers, F.J., 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. *Livestock Production Science* 56, 15-33.
- Stenson, C., Ennart, H., 2010. Får i Sverige ges hormoner, Svenska Dagbladet, 20 Mars 2010. http://www.svd.se/nyheter/inrikes/far-i-sverige-ges-hormoner_4452105.svd.
- Vavra, M., 1996. Sustainability of animal production systems: an ecological perspective. *Journal of Animal Science* 74, 1418-1423.
- Wallgren, P., 2000. Etiska, ekologiska och ekonomiska synpunkter på sjukligheten bland grisar i Sverige. *Svensk veterinärtidning* 13, 685-695.

Walsh, B., Lynch, M., 2008. Theory of index selection. In: Evolution and Selection of Quantitative Traits (chapter 33). University of Arizona, USA. April 2010.
http://nitro.biosci.arizona.edu/zbook/NewVolume_2/newvol2.html.